

Spazio per visti

MATERIALI

CALCESTRUZZO (UNI EN 206-1)

MAGRONI C12/15 (Rck = 15 MPa)

FONDAZIONE E ELEVAZIONE (Rck 30 MPa)

- CLASSE DI RESISTENZA C25/30

- CLASSE DI ESPOSIZIONE XC2

- CLASSE DI CONSISTENZA S4
- Ømax AGGREGATO 25 mm

- RAPPORTO A/C < 0.50

- RICOPRIMENTO > 30 mm

ACCIAIO

ACCIAIO IN BARRE PER C.A. (B450C)

- CLASSE DI RESISTENZA

- TENSIONE DI ROTTURA

- TENSIONE DI SNERVAMENTO
- B450C

540 MPa

450 MPa



Technoside s.r.l.

SERVIZI DI INGEGNERIA

via Madonna di Fatima n.14

95030 Gravina di Catania

www.technoside.it

info@technoside.it

tel +39.095.7500609

fax +39.095.8360370

PROGETTISTA ARCHITETTONICO  
CALCOLISTA  
D.L  
dott. ing. Filippo Di Mauro

COMUNE DI CALTAVUTURO

COMMITTENTE  
COMUNE DI CALTAVUTURO

Titolo progetto

INTERVENTI ATTI A RECUPERARE L'AREA ADIACENTE VIA TORINO IN UNO CON LE STRADE LIMITROFE E PER UNA CAMPAGNA D'ISPEZIONE E CONTROLLO DELLE RETI E DEI NODI IN ACCIAIO ESISTENTI A PROTEZIONE DEL QUARTIERE (PROGETTO DI DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DI UN MURO DI SOSTEGNO)

IMPRESA

PROGETTO DELLE STRUTTURE

Titolo elaborato

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

Tavola

Scala

Formato

File

RS05

A4

2333

AGGIORNAMENTI		
REV.	DATA	CAUSALE
00	10 / 2018	prima emissione

REDATTO AT VERIFICATO FD

Interventi atti a recuperare l'area adiacente via Torino in uno con le strade limitrofe e per una campagna d'ispezione e controllo delle reti e dei nodi in acciaio esistenti a protezione del quartiere (progetto di un muro di sostegno)

Caltavuturo (PA)

Progetto delle strutture in cemento armato

R05. Giudizio di accettabilità

Pagina 1 di 9

Progetto esecutivo

---

## **Comune di Caltavuturo**

### **INTERVENTI ATTI A RECUPERARE L'AREA ADIACENTE VIA TORINO IN UNO CON LE STRADE LIMITROFE E PER UNA CAMPAGNA D'ISPEZIONE E CONTROLLO DELLE RETI E DEI NODI IN ACCIAIO ESISTENTI A PROTEZIONE DEL QUARTIERE (PROGETTO DI DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DI UN MURO DI SOSTEGNO)**

### **Giudizio motivato di accettabilità dei risultati**

#### **Sommario**

<b>1.</b>	<b><u>PREMESSA</u></b>	<b><u>3</u></b>
<b>2.</b>	<b><u>CRITERI DI CALCOLO DELLA SPINTA</u></b>	<b><u>4</u></b>
<b>2.1.</b>	<b>CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SUOLO</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b><u>CALCOLO DELLA SPINTA</u></b>	<b><u>6</u></b>
<b>4.</b>	<b><u>VALUTAZIONE DEI RISULTATI</u></b>	<b><u>9</u></b>



Interventi atti a recuperare l'area adiacente via Torino in uno con le strade limitrofe e per una campagna d'ispezione e controllo delle reti e dei nodi in acciaio esistenti a protezione del quartiere (progetto di un muro di sostegno)

Caltavuturo (PA)

Progetto delle strutture in cemento armato

R05. Giudizio di accettabilità

Pagina 3 di 9

Progetto esecutivo

## 1. Premessa

Secondo il paragrafo 10.2 del D.M. 17/01/2008 si riportano di seguito le valutazioni complessive circa l'affidabilità dei risultati ottenuti dall'analisi automatica.

Il controllo è stato eseguito confrontando i valori delle spinte esercitate dal terreno sulle opere di sostegno.

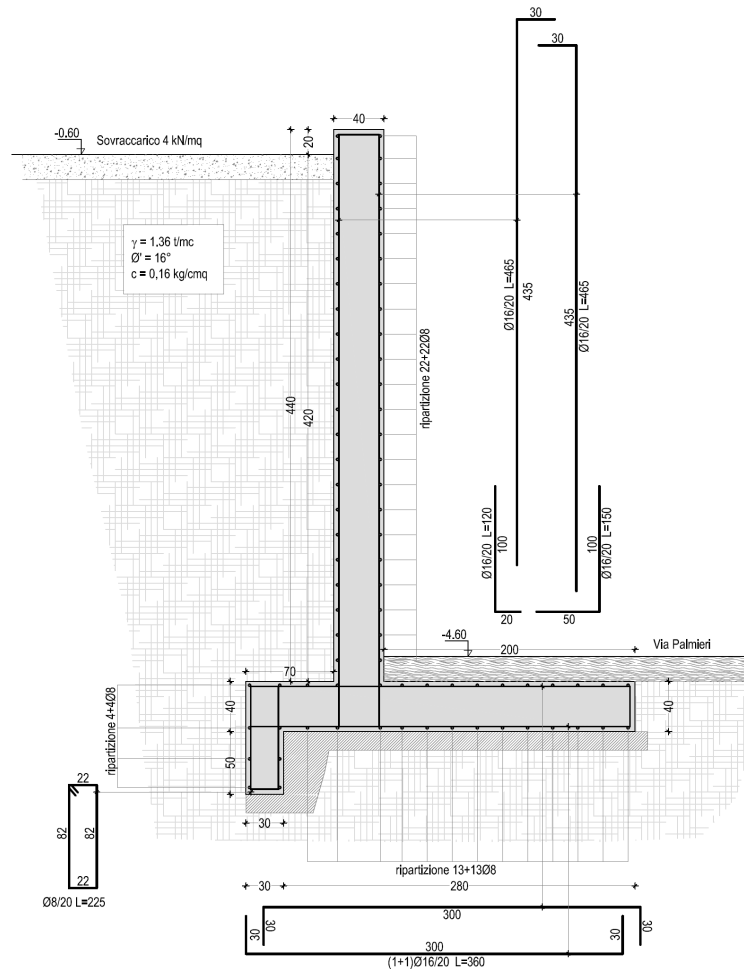


Figura 1. Sezione del muro

## 2. Criteri di calcolo della spinta

Le verifiche delle opere di contenimento sono state condotte assicurando gli adeguati coefficienti di sicurezza nei confronti dei cinematismi possibili (scorrimento e ribaltamento) ed assicurando che la pressione massima esercitata sul terreno di fondazione sia inferiore al valore ammissibile valutato con il metodo di Brinch - Hansen.

Il calcolo della spinta attiva del terrapieno che grava sul muro è indipendente dalla tipologia costruttiva, ma può dipendere dalla forma del profilo del muro a contatto con il terreno, oltre che, naturalmente, dalle caratteristiche del terrapieno stesso.

Si suppone valida l'ipotesi di spinta attiva, cioè quella che si suscita a seguito del movimento del manufatto nella direzione della spinta agente. Le ipotesi di base per il calcolo della spinta sono le medesime adottate dal metodo di calcolo secondo Coulomb, con l'estensione di Mononobe-Okabe per quanto riguarda la sovraspinta sismica.

Più precisamente:

in fase di spinta attiva si crea all'interno del terrapieno un cuneo di spinta, che si distacca dal terreno indisturbato tramite linee di frattura rettilinee, lungo le quali il cuneo scorre sviluppando tensioni di attrito; tali linee hanno un'inclinazione  $\alpha$  rispetto all'orizzontale.

sul cuneo di spinta, definito in funzione dell'angolo  $\alpha$ , agiscono le seguenti forze: peso proprio del terreno, sovraccarichi applicati sull'estradosso del terrapieno, spinta normale alle superfici di scorrimento del cuneo, forze di attrito lungo le superfici di scorrimento del cuneo che si oppongono allo scorrimento stesso.

in condizioni sismiche, al peso proprio del cuneo va aggiunta una componente orizzontale pari al peso per il prodotto dei coefficienti sismici orizzontali.

Dall'analisi definita in relazione geologica, ai fini della verifica della portanza del terreno di fondazione, si assumono cautelativamente ed a vantaggio di sicurezza, i parametri geotecnici come riportati di seguito:

- peso specifico .....  $\gamma = 13.06 \text{ kN m}^{-3}$
- angolo d'attrito interno.....  $\phi' = 16.00^\circ$
- coesione .....  $c' = 0.16 \text{ kPa}$

### 2.1. Classificazione sismica del suolo

In relazione alla classificazione sismica del sottosuolo, sulla scorta delle indagini svolte in sito, la velocità delle onde di taglio misurate nello spessore significativo di terreno pari a 30.0 m è:

$$360 \text{ ms}^{-1} > V_{s,30} < 800 \text{ ms}^{-1}$$

Secondo quanto stabilito dal D.M. 17 gennaio 2018 il suolo di fondazione è di **categoria B**.

Per il sito in questione i parametri spettrali relativi all'area nella quale ricadono le opere in epigrafe sono riportati nella seguente tabella:

Interventi atti a recuperare l'area adiacente via Torino in uno con le strade limitrofe e per una campagna d'ispezione e controllo delle reti e dei nodi in acciaio esistenti a protezione del quartiere (progetto di un muro di sostegno)

Caltavuturo (PA)

Progetto delle strutture in cemento armato

R05. Giudizio di accettabilità

Pagina 5 di 9

Progetto esecutivo

*Tabella 1. Parametri relativi alla zona di progetto*

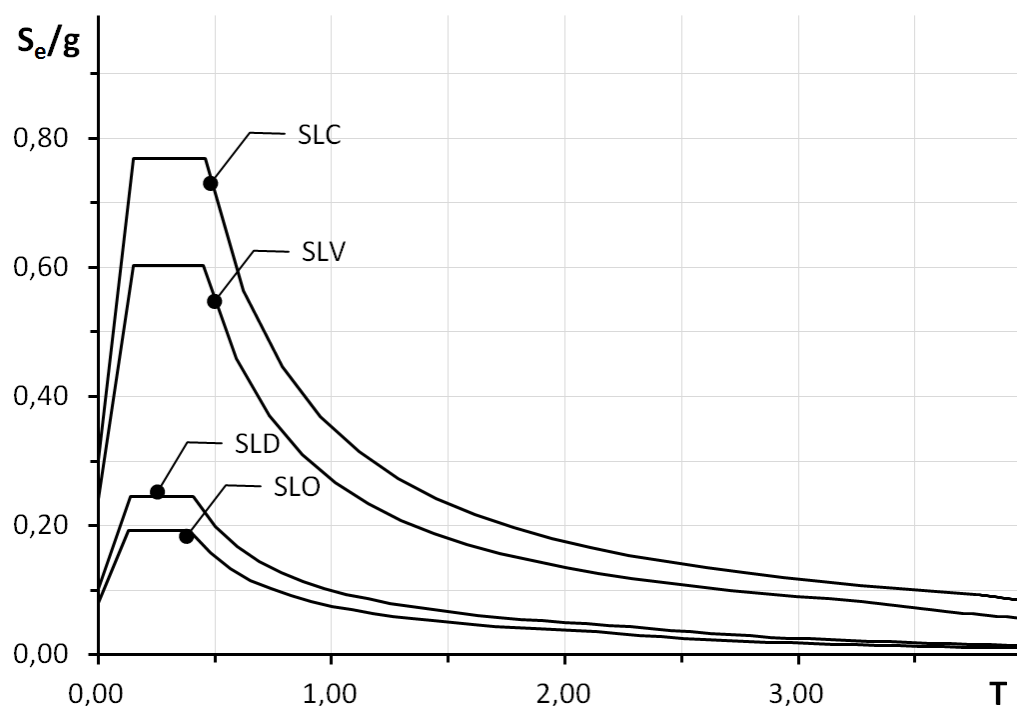
STATO LIMITE	$T_r$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
Operatività	60	0,056	2,393	0,275
Danno	101	0,071	2,399	0,29
Salvaguardia Vita	949	0,168	2,493	0,326
Prevenzione Collasso	1950	0,213	2,540	0,334

Lo spettro di risposta elastico per il sito in esame si ricava dai parametri della tabella 1, sulla scorta dei valori dei coefficienti validi per suolo di tipo B, riportati in tabella 2:

*Tabella 2. Parametri dello spettro elastico*

STATO LIMITE	$C_c$ [-]	$S_s$ [-]	$S_T$ [-]	$S$ [-]	$T_B$ [s]	$T_C$ [s]	$T_D$ [s]
Operatività	1,424	1,200	1,2	1,440	0,131	0,392	2,136
Danno	1,409	1,200	1,2	1,440	0,136	0,409	2,281
Salvaguardia Vita	1,376	1,200	1,2	1,440	0,150	0,449	3,275
Prevenzione Collasso	1,370	1,184	1,2	1,420	0,152	0,457	3,764

Gli spettri elastici per i quattro stati limite previsti dal D.M. 17.01.2008 sono mostrati in figura 2.



*Figura 2. Spettri di risposta elastici per tutti gli stati limite*

### 3. Calcolo della spinta

Si riportano di seguito le calcolazioni per i parametri in questione nelle condizioni statiche e sismiche. Per la verifica è stato individuato l'elemento strutturale più sollecitato con altezza del paramento pari a 4.20 m.

#### 3.1. Spinta statica

La spinta  $S_a$  attiva del terreno su un muro di sostegno viene valutata secondo le classiche teorie di Coulomb e c Rankine e dipende dalle caratteristiche di resistenza,  $\varphi$  del terreno:

$$P_A = \frac{1}{2} K_a \gamma h^2$$

essendo  $K_a$  il coefficiente di spinta attivo :

$$k_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = 0.57 \quad h = 4.20 \text{ m}$$

$$P_A = 65.41 \text{ kN/m}$$

#### 3.2. Spinta dovuta al sovraccarico

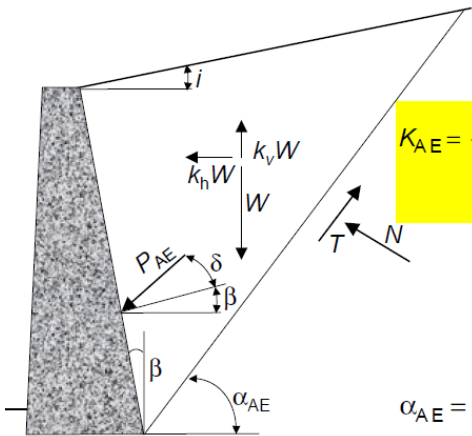
E' stato inoltre considerato l'effetto di spinta prodotto dal sovraccarico uniformemente ripartito applicato al terrapieno di monte. Nel caso di superficie rettilinea del terreno, intendendo per  $Q=4\text{kN/mq}$  il sovraccarico per metro lineare di proiezione orizzontale, la pressione esercitata è:

$$\sigma_v = Q k_a = 2.28 \text{ kN/mq}$$

$$P_q = q h = 9.54 \text{ kN/m}$$

#### 3.3. Spinta sismica

La spinta dovuta al sisma è valutata secondo la teoria di Mononobe-Okabe (1926) schematizzata nella seguente figura valida per terreno incoerente:



$$P_{AE} = \frac{\gamma}{2} H^2 K_{AE} (1 - k_v)$$

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\varphi - \beta - \vartheta)}{\cos^2 \beta \cos \vartheta \cos(\delta + \beta + \vartheta) \left[ 1 + \frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - i - \vartheta)}{\cos(\delta + \beta + \vartheta) \cos(i - \beta)} \right]^2}$$

$$\vartheta = \tan^{-1} \frac{k_h}{1 - k_v}$$

$$\alpha_{AE} = \varphi - \vartheta + \tan^{-1} \frac{\tan(\varphi - \vartheta - i) + C_{1E}}{C_{2E}}$$

$$C_{1E} = \sqrt{\tan(\varphi - \vartheta - i) [\tan(\varphi - \vartheta - i) + \cot(\varphi - \vartheta - \beta)] [1 + \tan(\delta + \vartheta + \beta) \cot(\varphi - \vartheta - \beta)]}$$

$$C_{2E} = 1 + \tan(\delta + \vartheta + \beta) [\tan(\varphi - \vartheta - i) + \cot(\varphi - \vartheta - \beta)]$$

L'azione sismica è rappresentata da forze statiche orizzontali e verticali; la componente verticale dell'azione sismica deve essere considerata verso l'alto o verso il basso; generalmente  $k_v$  può essere trascurata ad eccezione dei muri a gravità. L'intensità delle azioni sismiche dipende dall'entità dello spostamento ammissibile; in assenza di studi specifici si assume:

$$k_h = \beta_m S a_g \quad k_v = 0.5 k_h$$

dove  $\beta_m$  per opere che ammettono spostamenti assume i valori riportati nella tab. 7.11.II delle Norme Tecniche del 2018, mentre per opere che non ammettono spostamento o per terreni incoerenti saturi suscettibili al rischio di liquefazione  $\beta_m = 1$ .

Tabella 3 – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione sismica attesa al sito (Tab.7.11.II)

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	$\beta_m$	$\beta_m$
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0,31	0,31
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0,29	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,18

Nel caso in esame si ha  $\beta_m = 0.24$

Risulta:

$$a_g = 0.168g \quad S = 1.420 \quad k_h = \beta_m S a_g = 0.10 \quad k_v = 0.03 \quad \theta = 3.33^\circ$$

$$i = 0 \quad \phi = 16^\circ \quad \beta = 0^\circ \quad \delta = 11^\circ$$



Interventi atti a recuperare l'area adiacente via Torino in uno con le strade limitrofe e per una campagna d'ispezione e controllo delle reti e dei nodi in acciaio esistenti a protezione del quartiere (progetto di un muro di sostegno)

Caltavuturo (PA)

Progetto delle strutture in cemento armato

R05. Giudizio di accettabilità

Pagina 8 di 9

Progetto esecutivo

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\varphi - \beta - \theta)}{\cos^2\beta \cos\theta \cos(\delta + \beta + \theta) \left[ 1 + \frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cos(\delta - \beta)} \right]} = 0.75$$

$$P_{AE} = \frac{1}{2} K_{AE} (1 - K_v) \gamma h^2 = 83.43 \text{ kN/m}$$

E' stata inoltre considerata la forza di inerzia agente sulla parete:

$$F_i = k_h \cdot W = 0.1 \times 0.40 \text{ m} \times 4.20 \text{ m} \times 25.00 \text{ kN/mc} = 2.38 \text{ kN/m}$$

essendo W il peso del muro.

### 3.4. Spinta totale e confronto con i valori di calcolo

Le maggiori sollecitazioni si hanno in condizioni sismiche dove la pressione massima è:

$$P_{Ed} = 83.43 \text{ kN/m}$$

che scomposta nelle due direzioni principali X e Y:

$$P_{Edx} = P_{Ed} \cos\delta = 40.89 \text{ kN/m} \quad \text{Spinta che attiva lo scorrimento}$$

$$P_{Edy} = P_{Ed} \sin\delta = 15.92 \text{ kN/m} \quad \text{Pressione verticale sul piede del muro}$$

L'azione ribaltante esercitata sul muro é:

$$M_{Ed} = P_{Ed} \cos\delta h/3 = 57.25 \text{ kNm /m}$$

Dal fascicolo di calcolo si ricavano i valori alla base del muro con altezza di 4.20 m:

VERIFICHE STABILITA' MURO 1		
VERIFICA AL RIBALTAMENTO		
Combinazione di carico piu' svantaggiosa:	2	EQU
Momento forze ribaltanti complessivo:	6846	Kgm/m
Momento stabilizzante forze peso e carichi:	31924	Kgm/m
Momento stabilizzante massimo dovuto ai tiranti:	0	Kgm/m
Coefficiente sicurezza minimo al ribaltamento:	4,66	----
LA VERIFICA RISULTA SODDISFATTA		

VERIFICHE STABILITA' MURO 1		
VERIFICA ALLO SCORRIMENTO		
Combinazione di carico piu' svantaggiosa:	1	A1
Risultante forze che attivano lo scorrimento:	3856	Kg/m
Risultante forze che si oppongono allo scorrimento:	11267	Kg/m
Forza dei tiranti che si oppone allo scorrimento:	0	Kg/m
Coefficiente sicurezza minimo allo scorrimento:	2,92	----
LA VERIFICA RISULTA SODDISFATTA		

Interventi atti a recuperare l'area adiacente via Torino in uno con le strade limitrofe e per una campagna d'ispezione e controllo delle reti e dei nodi in acciaio esistenti a protezione del quartiere (progetto di un muro di sostegno)

Caltavuturo (PA)

Progetto delle strutture in cemento armato

R05. Giudizio di accettabilità

Pagina 9 di 9

Progetto esecutivo

---

Il valore massimo dell'azione orizzontale che attiva lo scorrimento è:

$$P_{EdX} = 38.56 \text{ kN/m}$$

Il valore massimo del momento instabilizzante sul muro è:

$$M_{Ed} = 68.46 \text{ kNm /m}$$

Il confronto della spinta orizzontale agente a monte del muro ha condotto a risultati analoghi con una differenza di pochi punti percentuale fra calcolo rigoroso e calcolo semplificato.

#### **4. Valutazione dei risultati**

I risultati ottenuti dall'analisi sono stati riscontrati con modelli semplificati di schemi a inerzia e carico costante che hanno fornito un riscontro oggettivo sui risultati delle analisi che, pertanto, risultano accettabili.

Inoltre, sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti, reazioni vincolari hanno permesso un immediato controllo con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati di cui è nota la soluzione in forma chiusa nell'ambito della Scienza delle Costruzioni. E' stata controllata la coerenza geometrica e le azioni applicate rispetto alla realtà fisica. Si è inoltre controllato che le reazioni vincolari diano valori in equilibrio con i carichi applicati, in particolare per i valori dei taglianti di base delle azioni sismiche si è provveduto a confrontarli con valori ottenuti da modelli SDOF semplificati. Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodiagnostica dei software abbiano dato esito positivo.